

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-305013

(43)Date of publication of application : 17.11.1998

(51)Int.Cl. A61B 3/10

(21)Application number : 09-136214

(71)Applicant : TOPCON CORP

(22)Date of filing : 09.05.1997

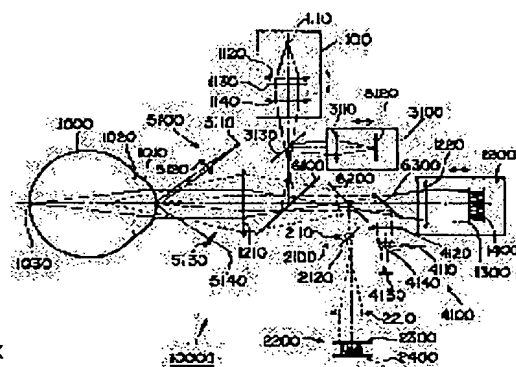
(72)Inventor : MIHASHI TOSHIBUMI

## (54) OPHTHALMOSCOPIC CHARACTERISTIC MEASURING INSTRUMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely measure even irregular astigmatism component by respectively receiving reflected light flux from the retina of eye to be examined and reflected light flux, which is based on the light of different wavelength, from near the retina curvature center of eye to be examined while converting them to the specified number of beams, finding optical characteristics from the first one and finding a cornea form from the latter one.

SOLUTION: The light flux of light source 1100 is condensed on the retina at the position of reflected light, where a signal peak at a 1st light receiving part 1400 is made maximum, at the condenser point of light flux from a 1st light source 1100. That reflected light flux is converted to 17 pieces of beams at least by a 1st converting member 1300. Besides, a 2nd light source 2110 is provided with a wavelength different from that of 1st light source 1110, light is condensed at the cornea curvature center, and that reflected light flux is converted to 17 pieces of beams at least by a 2nd converting member 2300. The optical characteristics of eye to be examined are found from the inclination angle of light flux provided by this 1st converting member 1300 and the cornea form is found from the inclination angle of light flux provided by the 2nd converting member 2300 respectively. Thus, ophthalmoscopic characteristics can be precisely measured.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.05.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3706940

[Date of registration] 12.08.2005

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-305013

(43)公開日 平成10年(1998)11月17日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

A 6 1 B 3/10

識別記号

F I

A 6 1 B 3/10

J  
N  
R

審査請求 未請求 請求項の数9 F D (全 14 頁)

(21)出願番号

特願平9-136214

(22)出願日

平成9年(1997)5月9日

特許法第30条第1項適用申請有り 平成9年3月15日  
発行の「INVESTIGATIVE OPHTHAL  
MOLOGY & VISUAL SCIENCE V  
OL. 38 NO. 4」に発表

(71)出願人 000220343

株式会社トプコン

東京都板橋区蓮沼町75番1号

(72)発明者 三橋 俊文

東京都板橋区蓮沼町75番1号 株式会社ト  
プコン内

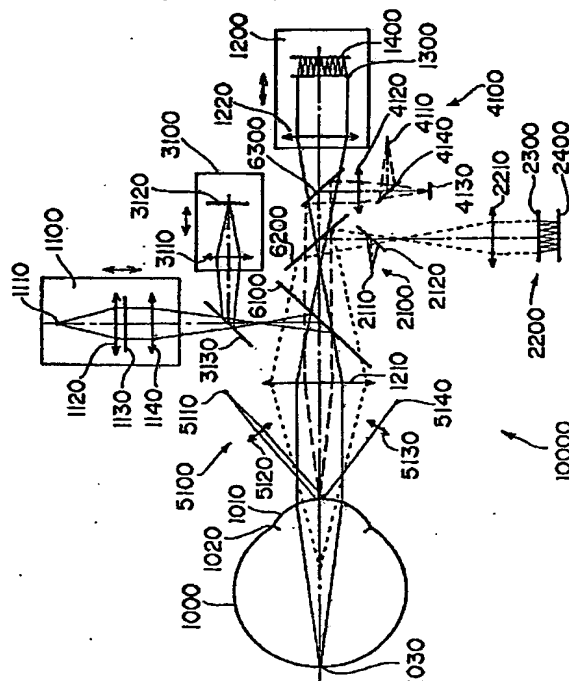
(74)代理人 弁理士 和泉 雄一

(54)【発明の名称】 眼特性測定装置

(57)【要約】

【目的】 本発明は、被検眼の眼特性を精密に測定する装置に係わり、特に、光学特性と角膜形状とを測定可能な光学特性測定装置を提供することを目的とする。

【構成】 本発明は、第1照明光学系が、第1光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、第1受光光学系が、反射光を受光部に導き、第1変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、第2照明光学系が、第2光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明し、第2受光光学系が、反射光を受光部に導き、第2変換部材が、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、演算部が、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、第2受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求める様になっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1波長の光束を発する第1光源と、この第1光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第1受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材と、該第1変換部材で変換された複数の光束を受光するための第1受光部と、前記第1波長と異なる波長の光束を発する第2光源と、この第2光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明するための第2照明光学系と、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第2受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第2変換部材と、該第2変換部材で変換された複数の光束を受光するための第2受光部と、前記第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、前記第2受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求めるための演算部とから構成される眼特性測定装置。

【請求項2】 演算部で求められた出力データを表示するための表示部を備え、この表示部は、前記演算部で求められた被検眼の光学特性の演算結果及び角膜形状とを表示する請求項1記載の眼特性測定装置。

【請求項3】 前記演算部は、角膜形状から予想される被検眼の光学特性を演算し、この予想光学特性と、前記第1受光部の出力に基づいて求めた光学特性との比較を行い、角膜形状以外の要因による光学特性の異常を判断する請求項1記載の眼特性測定装置。

【請求項4】 変換部材は、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成され、前記光学特性演算部が、前記第1受光部の受光面上での反射光束の収束位置から反射光束の傾き角を求め、この傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求める請求項1記載の眼特性測定装置。

【請求項5】 照明用の光束を発するための光源と、この光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明する第1照明状態と、前記光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明する第2照明状態とを何れかを選択的に被検眼を照明する照明光学系と、被検眼から反射して戻ってくる光束を、被検眼網膜に対して略共役な位置で受光する第1受光状態と、被検眼角膜に対して略共役な位置で受光する第2受光状態とで受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光するための受光部と、前記第1照明状態及び第1受光状態で、前記受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、前記第2照明状態及び第2受光状態で、前記受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求めるための演算部とから構成される眼特性測定装置。

【請求項6】 受光光学系は、前記受光部の変換部材と被検眼角虹彩とが、略共役な関係を保ち、かつ、前記第1受光状態において、被検眼眼底からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、又、前記第2受光状態において、被検眼角膜からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、調整するための調整手段が備えられている請求項5記載の眼特性測定装置。

【請求項7】 照明光学系は、前記第1照明状態において、被検眼の屈折力に応じて前記光源からの光束が被検眼底上で微小な領域を照明し、前記第2照明状態において、角膜曲率中心付近に集束する様に構成された請求項5記載の眼特性測定装置。

【請求項8】 照明光学系は、第1照明状態において、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1B照明状態とを形成するための光束遮蔽部材を配置した請求項5記載の眼特性測定装置。

【請求項9】 光束遮蔽部材は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りとから構成するか、或いは、中心部付近に開口を形成させる第1照明状態と、周辺部付近に開口を形成させる第2照明状態とを形成するための液晶で構成された請求項8記載の眼特性測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被検眼の眼特性を精密に測定する装置に係わり、特に、光学特性と角膜形状とを測定可能な光学特性測定装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の被検眼の光学特性を測定する装置は、レフラクトメーターとして知られているが、その被検眼の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度のみを求め表示するに過ぎなかった。

【0003】被検眼の中にはこれ以外の不正乱視成分を有している場合があり、不正乱視成分の量によっては、眼鏡ではなくコンタクトレンズの矯正や医師の診断を必要とする場合がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のレフラクトメーター等の被検眼の光学特性を測定する装置では、眼鏡の矯正しか行うことができず、十分なものとは言えなかった。

【0005】そこで、被検眼の光学特性を球面成分、正乱視成分及びその軸角度だけでなくこれ以外の不正乱視成分まで精密に測定できる光学特性測定装置の出現が強く望まれていた。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題に鑑み案出されたもので、第1波長の光束を発する第1光源

と、この第1光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第1受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材と、該第1変換部材で変換された複数の光束を受光するための第1受光部と、前記第1波長と異なる波長の光束を発する第2光源と、この第2光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明するための第2照明光学系と、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第2受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第2変換部材と、該第2変換部材で変換された複数の光束を受光するための第2受光部と、前記第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、前記第2受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求めるための演算部とから構成されている。

【0007】また本発明は、演算部で求められた出力データを表示するための表示部を備え、この表示部は、前記演算部で求められた被検眼の光学特性の演算結果及び角膜形状とを表示することもできる。

【0008】更に本発明の演算部は、角膜形状から予想される被検眼の光学特性を演算し、この予想光学特性と、前記第1受光部の出力に基づいて求めた光学特性との比較を行い、角膜形状以外の要因による光学特性の異常を判断する構成にすることもできる。

【0009】そして本発明の変換部材は、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構成され、前記光学特性演算部が、前記第1受光部の受光面上での反射光束の収束位置から反射光束の傾き角を求め、この傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求める構成にすることもできる。

【0010】また本発明は、照明用の光束を発するための光源と、この光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明する第1照明状態と、前記光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明する第2照明状態とを何れかを選択的に被検眼を照明する照明光学系と、被検眼から反射して戻ってくる光束を、被検眼角膜に対して略共役な位置で受光する第1受光状態と、被検眼角膜に対して略共役な位置で受光する第2受光状態とで受光部に導くための受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材と、該変換部材で変換された複数の光束を受光するための受光部と、前記第1照明状態及び第1受光状態で、前記受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、前記第2照明状態及び第2受光状態で、前記受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求めるための演算部とから構成されている。

【0011】そして本発明の受光光学系は、前記受光部の変換部材と被検眼角虹彩とが、略共役な関係を保ち、か

つ、前記第1受光状態において、被検眼眼底からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、又、前記第2受光状態において、被検眼角膜からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、調整するための調整手段を備えることもできる。

【0012】更に本発明の照明光学系は、前記第1照明状態において、被検眼の屈折力に応じて前記光源からの光束が被検眼底上で微小な領域を照明し、前記第2照明状態において、角膜曲率中心付近に集束する様に構成することもできる。

【0013】また本発明の照明光学系は、第1照明状態において、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1B照明状態とを形成するための光束遮蔽部材を配置する構成にすることもできる。

【0014】また本発明の光束遮蔽部材は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りとから構成するか、或いは、中心部付近に開口を形成させる第1照明状態と、周辺部付近に開口を形成させる第2照明状態とを形成するための液晶で構成することもできる。

【0015】

【発明の実施の形態】以上の様に構成された本発明は、第1光源が第1波長を発し、第1照明光学系が、第1光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明し、第1受光光学系が、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導き、第1変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、第1受光部が、第1変換部材で変換された複数の光束を受光し、第2光源が、第1波長と異なる波長の光束を発し、第2照明光学系が、第2光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明し、第2受光光学系が、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導き、第2変換部材が、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、第2受光部が、第2変換部材で変換された複数の光束を受光し、演算部が、第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、第2受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求める様になっている。

【0016】また本発明は、表示部が、演算部で求められた出力データを表示し、この表示部は、演算部で求められた被検眼の光学特性の演算結果及び角膜形状とを表示することもできる。

【0017】更に本発明の演算部は、角膜形状から予想される被検眼の光学特性を演算し、この予想光学特性と、第1受光部の出力に基づいて求めた光学特性との比較を行い、角膜形状以外の要因による光学特性の異常を判断することもできる。

【0018】そして本発明の変換部材は、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズで構

成され、光学特性演算部が、第1受光部の受光面上での反射光束の収束位置から反射光束の傾き角を求め、この傾き角に基づいて、被検眼の光学特性を求めることもできる。

【0019】また本発明は、光源が照明用の光束を発生し、照明光学系が、光源からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明する第1照明状態と、光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明する第2照明状態とを何れかを選択的に被検眼を照明し、被検眼から反射して戻ってくる光束を、受光光学系が、被検眼網膜に対して略共役な位置で受光する第1受光状態と、被検眼角膜に対して略共役な位置で受光する第2受光状態とで受光部に導き、変換部材が、反射光束を少なくとも17本のビームに変換し、受光部が、変換部材で変換された複数の光束を受光し、演算部が、第1照明状態及び第1受光状態で、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、第2照明状態及び第2受光状態で、受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求める様になっている。

【0020】そして本発明の受光光学系の調整手段が、受光部の変換部材と被検眼虹彩とが、略共役な関係を保ち、かつ、第1受光状態において、被検眼眼底からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、又、第2受光状態において、被検眼角膜からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に調整する様にもできる。

【0021】更に本発明の照明光学系は、第1照明状態において、被検眼の屈折力に応じて光源からの光束が被検眼眼底上で微小な領域を照明し、第2照明状態において、角膜曲率中心付近に集束する様にもできる。

【0022】また本発明の照明光学系に配置された光束遮蔽部材が、第1照明状態において、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1B照明状態とを形成することもできる。

【0023】また本発明の光束遮蔽部材は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りとから構成するか、或いは、中心部付近に開口を形成させる第1照明状態と、周辺部付近に開口を形成させる第2照明状態とを形成するための液晶で構成することもできる。

【0024】

【実施例】

【0025】以下、本発明の実施例を図面により説明する。

【0026】〔第1実施例〕

【0027】本発明の第1実施例である眼特性測定装置10000は、図1及び図2に示す様に、第1波長の光束を発生する第1光源1110と、この第1光源1110

からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系1100と、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第1受光光学系1200と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材1300と、該第1変換部材1300で変換された複数の光束を受光するための第1受光部1400と、前記第1波長と異なる波長の光束を発生する第2光源2110と、この第2光源2110からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明するための第2照明光学系2100と、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第2受光光学系2200と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第2変換部材2300と、該第2変換部材2300で変換された複数の光束を受光するための第2受光部2400と、前記第1受光部1400で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、前記第2受光部2400で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求めるための演算部9100とから構成されている。

【0028】第1照明光学系1100は、第1光源1110からの光束で被検眼網膜上で微小な領域を照明するためのものである。第1照明光学系1100は、第1の集光レンズ1120と、光束遮蔽部材1130と、第2の集光レンズ1140とから構成されている。

【0029】第1照明光学系1100は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能に構成されており、被検者の眼底に集光する様に構成されている。なお、本第1実施例では、-20ディオプターから+20ディオプター程度の範囲で移動可能に構成されている。

【0030】第1光源1110は、空間コヒーレンスが高く、時間コヒーレンスは高くないものが望ましい。本第1実施例の光源100には、SLDが採用されており、輝度が高い点光源を得ることができる。

【0031】また、本第1実施例の第1光源1110は、SLDに限られるものではなく、レーザーの様に空間、時間ともコヒーレンスが高いものでも、回転拡散板などを挿入することにより、適度に時間コヒーレンスを下げることで利用できる。

【0032】そして、SLDの様に、空間、時間ともコヒーレンスが高くないものでも、光量さえ充分であれば、ピンホール等を光路の光源の位置に挿入することで、使用可能になる。

【0033】本第1実施例の第1光源1110の第1波長は、赤外域の波長、例えば840nmを使用することができる。

【0034】光束遮蔽部材1130は、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼の瞳中心付近を通して照明する第1B照明状態とを形成するためのものである。

【0035】この光束遮蔽部材1130は、中心付近に

10

20

30

40

50

開口のある第1絞り(第1B照明状態用)と、周辺部付近に開口のある第2絞り(第1A照明状態用)とからなる可変絞りで構成することもできる。

【0036】屈折測定は、第1照明光学系1100部分で、その時に遮光されている部分で行うことにより、角膜反射の影響を受けることを防止することができる。

【0037】即ち、可変絞りの第1絞りが、光路内に挿入されている時には、中央の遮光部で遮光されている範囲の測定が行われ、可変絞りの第2絞りが光路内に挿入されている時には、中央の開口部の周りの範囲で測定が行われる。

【0038】また光束遮蔽部材1130は、中心部付近に開口を形成させる第1A照明状態と、周辺部付近に開口を形成させる第1B照明状態とを形成するための液晶で構成することも可能である。

【0039】従って、第1照明光学系1100の光束遮蔽部材1130は、被検眼1000の瞳と略共役付近に、被検眼1000の瞳中心付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼1000の瞳周辺付近を通して照明する第1B照明状態とを形成することができる。

【0040】ここで、被検眼1000は、角膜1010と、虹彩1020と、網膜1030とを備えている。

【0041】第1受光光学系1200は、被検眼網膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くためのものである。第1受光光学系1200は、第1のアフォーカルレンズ1210と、第2のアフォーカルレンズ1220と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材1300とから構成されている。

【0042】第1照明光学系1100と第1受光光学系1200とは、第1光源1110からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第1受光部1400での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動し、第1受光部1400での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。その結果、第1光源1110からの光束が、網膜上で集光することとなる。

【0043】第1受光光学系1200の第1変換部材1300は、第1照明光学系1100の光束遮蔽部材1130と共役の位置にある。そして、互いに虹彩1200と共役となっている。

【0044】第1受光光学系1200は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能となっており、第1受光部1400又は第1変換部材1300が、角膜1010と略共役となっている。

【0045】そして図2に示す様に、演算部9100は、制御部9200に接続されており、制御部9200の命令に基づき、光学特性等の演算を行う様に構成されている。

【0046】制御部9200は、演算部9100を含む

全体の制御を司っている。更に、アライメント処理部9300は、アライメント処理を制御駆動する様に構成されている。

【0047】表示部9400が、演算部9100で求められた出力データを表示し、この表示部9400は、演算部9100で求められた被検眼の光学特性の演算結果及び角膜形状とを表示することもできる。

【0048】更に本発明の演算部9100は、角膜形状から予想される被検眼の光学特性を演算し、この予想光学特性と、第1受光部1400の出力に基づいて求めた光学特性との比較を行い、角膜形状以外の要因による光学特性の異常を判断することもできる。この光学特性の演算は、光線追跡によるか、より簡単な近似を使った計算を利用できる。なお、網膜上の2次点光源の位置は、そのときの屈折特性測定のS値からモデル的な値を利用することができる。

【0049】なお、各電気的構成との接続関係は、図3のようになる。

【0050】第2照明光学系2100は、第2光源2110からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明するためのものである。

【0051】この第2照明光学系2100は、角膜全面を照明するためのものであり、特に、絞りを必要としない。

【0052】第2光源2110は、第1光源1110による第1波長と異なる第2波長を発する様になっている。本第1実施例の第2光源2110は、第2波長である780nmを発する様に構成されている。

【0053】第2波長(780nm)は、第1波長(840nm)より短くなっており、眼底に投影する波長が、より可視光より離れていた方が目障りとならないという効果がある。

【0054】そして、後述するアライメントが完了した後、ビームスプリッタ2120を介して、角膜曲率中心に集光する様に構成されている。

【0055】第2受光光学系2200は、アフォーカルレンズ2210と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第2変換部材2300とから構成されている。

【0056】第2受光光学系2200は、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くためのものであり、アライメントが完了した時に、第2受光部2400又は第2変換部材2300が、角膜1010と略共役となっている。

【0057】固視標光学系3100は、固視標結像レンズ3110と、固視標3120とから構成されている。

【0058】第1照明光学系1100からの光束と、固視標光学系3100からの光束は、ビームスプリッタ3130で同軸とされている。

【0059】固視標光学系3100は、パターンを見せ

10

20

30

40

50

て被検者を、雲霧、所定の点に固定、等、調整することができる。また、固視標光学系3100は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能に構成されている。

【0060】次に、XYアライメント光学系4100は、第3の光源4110と、レンズ4120と、2次元撮像素子4130とから構成されている。

【0061】XYアライメント光学系4100は、アライメントが調整された際に、角膜頂点付近に点光源が一致させるためのものである。

【0062】第3の光源4110は、940nmの波長の光を発している。

【0063】本第1実施例の2次元撮像素子4130は、2次元のPSD又はCCDを採用しているが、何れの受光素子を採用することができる。そして、2次元撮像素子4130の中心に点源像が形成される様に構成されている。

【0064】Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110と、コリメータレンズ5120と、集光レンズ5130と、1次元撮像素子5140とから構成されている。

【0065】Zアライメント光学系5100は、アライメントが調整された際に、角膜頂点付近に点光源が一致させるためのものである。

【0066】本第1実施例の1次元撮像素子5140は、1次元のPSDを採用しているが、何れの受光素子を採用することができる。

【0067】Zアライメント光学系5100は、第4の光源5110からの光を平行光束で角膜1010を照明する。そして正反射光を受光する位置に、照明光軸と受光光軸を含む面に1次元撮像素子5140を配置している。

【0068】またZアライメント光学系5100は、所定の作動距離に位置した時に、平行光束が、コリメータレンズ5120の光軸と交叉する様に配置されている。

【0069】なお、第1のズームスプリッタ6100は半透鏡であり、第2のズームスプリッタ6200は、780nm付近で全反射、この波長より赤外域は透過となっており、第3のズームスプリッタ6300は、840nm付近で透過、940nm付近では反射のローパスフィルタとなっている。

【0070】ここで図4に基づいて、XYアライメント光学系4100の動作を説明する。S1（ステップ1、以下、S1と略する）では、第3の光源4110を点灯させる。次にS2では、レンズ4120により光を角膜1010上に集光させる。そしてS3では、2次元撮像素子4130により輝点の位置を観察する。そして手動アライメントの場合には、S4に進み、モニターに表示し、自動アライメントの場合のは、S5に進み、制御装置にデータを送出する。

【0071】次に図5に基づいて、Zアライメント光学

系5100の動作を説明する。S1では、第4の光源5110を点灯させる。次にS2では、コリメータレンズ5120により、平行光束を角膜頂点付近に照射する。そしてS3では、虚像を形成し、S4で、集光レンズ5130により、虚像を1次元撮像素子5140上に投影する。そしてS5では、1次元撮像素子5140で虚像位置を測定する。更にS6では、測定された虚像位置データを制御装置に送出する様になっている。

【0072】なお、図6に基づいて、アライメントを詳細に説明する。

【0073】ここで、受光系の移動レンズより被検者側のレンズを対物レンズ群とすると、アライメントは、前眼部の測定基準面（出射瞳、角膜表面）に、対物レンズ群の前側焦点が一致する様に配置すればよいことになる。

【0074】測定光線が、対物レンズ群を通過した後、光軸と交わる点（角膜形状測定時は、角膜曲率中心と略共役な点であり、また光学特性測定時は、眼底と略共役点となる）に移動レンズの前側焦点が来る様に、移動レンズが移動する。これにより、受光素子には、常に略平行光が入射され、測定基準面での測定領域を略一定とすることができる。

【0075】そして、光線の前眼部の測定基準面での正確な位置は、光線の変換部材通過位置と、受光素子の受光位置に基づいて、内挿又は外挿法により、移動レンズ通過後の前眼部の測定基準面の共役点での光線座標を求め、光学系の横倍率で割ることにより得ることができる。

【0076】なお、図6（a）は、角膜形状の測定状態であり、図6（b）は、光学測定の状態、図6（c）は、正視の測定の状態、図6（d）は、近視の測定の状態を示すもので、測定基準面での測定領域を略一定とすることができる。

【0077】次に、第1変換部材1300について説明する。

【0078】第1受光光学系1200に配置された第1変換部材1300は、反射光束を複数のビームに変換する波面変換部材である。本第1実施例の第1変換部材1300には、光軸と直交する面内に配置された複数のマイクロフレネルレンズが採用されている。

【0079】ここでマイクロフレネルレンズについて詳細に説明する。

【0080】マイクロフレネルレンズは波長ごとの高さピッチの輪帯をもち、集光点に最適化されたブレースを持つ光学素子である。ここで利用することのできるマイクロフレネルレンズは、例えば、半導体微細加工技術を応用した8レベルの光路長差をつけたもので、1次光のみ利用の場合98%の集光効率を実現できる。

【0081】本第1実施例の第1変換部材1300は、反射光束を少なくとも17以上のビームに変換する波面



変換部材から構成されている。

【0082】なお、第2変換部材2300も同様であるから説明を省略する。

【0083】次に第1受光部1400は、第1変換部材1300で変換された複数のビームを受光するためのものであり、本第1実施例では、CCDが採用されている。このCCDは、TV用などの一般的なものから測定用の2000\*2000素子等、何れのタイプのものが使用できる。

【0084】第1受光部1400をTV用のCCDを使用した場合には、解像度は劣るが、安価であり、通常、後処理で利用するパーソナルコンピュータへの入力も簡便である。この場合、CCDとそのドライバーからの画像信号出力は、NTSC信号とし、パーソナルコンピュータにNTSC信号に適応した画像入力ボードを使用することで簡単に実現することができる。

【0085】また、第1受光部1400を測定用の2000\*2000素子のCCDを採用した場合、装置は高価となるが、同様にアナログ信号を介してパーソナルコンピュータに測定値を入力することができる。

【0086】なお、CCDからの測定信号を、デジタル信号でパーソナルコンピュータに入力することも可能である。

【0087】そして第1受光部1400は、被検眼虹彩1020と第1変換部材1300と略共役な関係を形成\*

$$X = (X' / \beta)$$

【0095】

$$Y = (Y' / \beta)$$

【0096】ここで、 $\beta$ は、光学系の横倍率である。

【0097】光学系が無収差であれば、波面収差 $W$

$$W((X' / \beta), (Y' / \beta)) = W'(X', Y')$$

【0099】

【0100】となる。

【0101】ここで、適当な多項式を

【0102】

$f(X, Y, Z, \dots; A, B, C, \dots)$

【0103】とする。

【0104】ここで、 $X, Y, Z, \dots$ は座標により決定される量であり、 $A, B, C, \dots$ はパラメータである。

【0105】次に、波面をこの多項式 $f$ で表すことを検討する。即ち、最適なパラメータ( $A, B, C, \dots$ )を演算することである。

【0106】ハルトマンの測定原理により、

【0107】「数1」

【0108】 $\dots$ 第4式

【0109】と表すことができる。

【0110】実際には、データが傾き角となっているので、それぞれの波面の微分値を使用して計算する。即

\*している。

【0088】また本発明の第1受光光学系1200は、第1変換部材1300と被検眼虹彩1020とが、略共役な関係を保ち、かつ、第1受光状態において、被検眼底からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、又、第2受光状態において、被検眼角膜からの反射光束が、略平行光束で受光部に入射する様に、調整するための調整手段を備えることもできる。

【0089】また、第1受光光学系1200には、ビームスプリッタ6100が挿入されており、第1照明光学系1100からの光を被検眼1000に送光し、反射光を透過させる様に構成されている。

【0090】なお、第2受光部2400のその他の構成、作用等は、第1受光部1400と同様であるから、説明を省略する。

【0091】次に、第1受光部1400で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼1000の光学特性を求めるための演算部9100の動作原理について詳細に説明する。

【0092】ここで演算方法を詳細に説明する。

【0093】図7に示す様に第1変換部材1300の座標を $X, Y$ とし、第1受光部1400の座標を $x, y$ とすれば、波面は極座標表示または、直交座標表示によって、

【0094】

$\dots$ 第1式

$\dots$ 第2式

※( $X, Y$ )と $W'(X', Y')$ の関係は、

※30 【0098】

$\dots$ 第3式

ち、本発明では、測定するデータは光線の傾き角であり、この傾き角は、直接波面の位置座標による微分で求めることができる。

【0111】更に、本波面センサーで測定される量は、基準からの横収差量である。

【0112】図7で次の関係が近似的に成り立つことが知られている。

【0113】1(エル)は、第1変換部材1300と第1受光部1400との距離である。

【0114】第1変換部材1300の中心点が $X, Y$ の各素子において $dx(X, Y), dy(X, Y)$ を得る。

【0115】 $dx, dy$ は変換部材の1素子に対して、第1受光部1400上の予め定められた原点と、実際の光線の交点の $x, y$ 方向それぞれの距離である。

【0116】第1変換部材1300の1素子に対応する原点は、波面が一様に平であり、換言すれば、眼屈折率

特性が、球面成分と乱視成分と共に0ディオプターで、後に述べる不正乱視成分等の残差もない場合には、変換された光束が測定できる第1受光部1400上の点となる。

$$dx(X_i, Y_i) = x_{i1} - x^0_{i1}$$

【0119】

$$dy(X_i, Y_i) = y_{i1} - y^0_{i1}$$

【0120】ここに、多項式fを代入すると、(測定データ数)\*2の式が得られ、最小自乗法により、必要なパラメータを求めることができる。

【0121】なお、fを微分した式を用いるため、fの定数項を求めることはできないが、本発明では、必要なパラメータを求めれば足りる。

【0122】また、具体的な関数として、幾何光学収差とよく対応した直交関数であるZernikeの多項式を使用することもできる。

【0123】Zernikeの多項式の一般項は、

【0124】「数2」

【0125】・・・・・・第7式

【0126】で表すことができる。

【0127】ここで、Zernikeの多項式を具体的に示せば、

【0128】 $Z_{0,0} = 1$

$$Z_{1,0} = x$$

$$Z_{1,1} = y$$

$$Z_{2,0} = 2xy$$

$$Z_{2,1} = -1 + 2y^2 + 2x^2$$

$$Z_{2,2} = y^2 - x^2$$

$$Z_{3,0} = 3xy^2 - x^3$$

$$Z_{3,1} = -2x + 3xy^2 + 3x^3$$

$$Z_{3,2} = -2y + 3y^3 + 3x^2y$$

$$Z_{3,3} = y^3 - 3x^2y$$

$$Z_{4,0} = 4y^3x + 4x^3y$$

$$Z_{4,1} = -6xy + 8y^3x + 8x^3y$$

$$Z_{4,2} = 1 - 6y^2 - 6x^2 + 6y^4 + 12x^2y^2 + 6x^4$$

$$Z_{4,3} = -3y^2 + 3x^2 + 4y^4 - 4x^4$$

$$Z_{4,4} = y^4 - 6x^2y^2 + x^4$$

【0129】これらを4次でまとめれば、(最低X、Y方向に4点ずつの16点+1点)17点以上のサンプル点が必要となる。

【0130】ここで、具体的な演算方法を図8に基づいて説明する。S1では、第1受光部1400からのデータに基づき、サンプリングデータを得る。次にS2では、DEFocus成分と傾斜成分を最小自乗法から求め、S3では、サンプリングデータから、DEFocus成分と傾斜成分を引く、更にS4では、Dと移動レンズの位置から、基準の曲率を求める。そしてS5では、最小自乗法によりAを求める。そしてS6では、角膜形状を測定しているか否かを判断し、測定している場合にはS7に進み、反射が2回あるのでfの値を1/2と

\*【0117】dx、dyは、光線の基準点からの偏差であり、

【0118】

・・・・・・第5式

・・・・・・第6式

し、S8では、マッピング等を実行する。

【0131】更にS6で、角膜形状を測定していないと判断した場合には、S8に進み、マッピング等を実行する。

【0132】〔第2実施例〕

【0133】本発明の第2実施例である眼特性測定装置2000は、図9に示す様に、光学特性を測定する状態と、図10に示す様に角膜の形状を測定する状態とにすることができ、共用の構成で2つの測定を行うことができる。

【0134】第2実施例である眼特性測定装置2000は、光源1110と、この光源1110からの光束で被検眼上で微小な領域を照明するための照明光学系1100と、被検眼から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための受光光学系1200と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材1300と、変換部材1300で変換された複数の光束を受光するための受光部1400と、この受光部1400で得られた光束の傾き角に基づいて、被検眼の光学特性と被検眼の角膜形状とを求めるための演算部とから構成されている。

【0135】照明光学系1100は、第1の集光レンズ1120と、光束遮蔽部材1130と、第2の集光レンズ1140とから構成されている。

【0136】照明光学系1100は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能に構成されており、被検者の眼底に集光する様に構成されている。なお、本第2実施例では、-20ディオプターから+50ディオプター程度の範囲で移動可能に構成されている。なお、+50ディオプター付近は角膜の形状測定に使用される。

【0137】本第2実施例の光源1110の波長は、赤外域の波長、例えば840nmを使用することができる。

【0138】光束遮蔽部材1130は、眼底測定時と角膜形状測定時とで切り替えられるものである。

【0139】即ち、眼底測定時には第1照明状態として、被検眼の屈折力に応じて光源1110からの光束が被検眼眼底上で微小な領域を照明する様になっており、角膜形状測定時には第2照明状態として、角膜曲率中心付近に集束するために照明光学系1100が移動できる様に構成されている。

【0140】眼底測定時においては、被検眼の瞳周辺付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼の瞳中心

付近を通して照明する第1B照明状態とを形成する。

【0141】また角膜形状測定時においては、第2照明状態として、NDフィルタが挿入される。これは、角膜反射率が網膜に比較して高いため、受光光量を揃えるために使用される。

【0142】この光束遮蔽部材1130は、中心付近に開口のある第1絞りと、周辺部付近に開口のある第2絞りとからなる可変絞りで構成することもできる。

【0143】即ち、可変絞りの第1絞りが、光路内に挿入されている時には、中央の遮光部で遮光されている範囲の測定が行われ、可変絞りの第2絞りが光路内に挿入されている時には、中央の開口部の周りの範囲で測定が行われる。

【0144】また光束遮蔽部材1130は、中心部付近に開口を形成させる第1A照明状態と、周辺部付近に開口を形成させる第1B照明状態とを形成するための液晶で構成することも可能である。

【0145】従って光束遮蔽部材1130は、被検眼1000の瞳と略共役付近に、被検眼1000の瞳中心付近を通して照明する第1A照明状態と、被検眼1000の瞳周辺付近を通して照明する第1B照明状態とを形成することができる。

【0146】受光光学系1200は、被検眼から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くためのものである。受光光学系1200は、第1のアフォーカルレンズ1210と、第2のアフォーカルレンズ1220と、反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための変換部材1300とから構成されている。

【0147】照明光学系1100は、被検眼網膜に対して略共役な位置で受光する第1受光状態と、被検眼角膜に対して略共役な位置で受光する第2受光状態とで受光部1400に導くためのものである。

【0148】照明光学系1100と受光光学系1200とは、第1光源1110からの光束が集光する点で反射されたとして、その反射光による第1受光部1400での信号ピークが最大となる関係を維持して、連動して移動する様に構成されている。なお、本第2実施例では、-20ディオプターから+50ディオプター程度の範囲で移動可能に構成されている。なお、+50ディオプター付近は角膜の形状測定に使用される。その結果、第1光源1110からの光束が、網膜上で集光することとなる。

【0149】そして受光部1400での信号ピークが強くなる方向に移動し、強度が最大となる位置で停止する様に構成されている。

【0150】受光光学系1200は、被検者の屈折力に応じて光軸方向に移動可能となっており、変換部材1300に略平行な光束が照射される様に構成されている。

【0151】なお、その他の構成、作用、動作等は、第1実施例と同様であるから説明を省略する。

【0152】

【効果】以上の様に構成された本発明は、第1波長の光束を発する第1光源と、この第1光源からの光束で被検眼角膜上で微小な領域を照明するための第1照明光学系と、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第1受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第1変換部材と、該第1変換部材で変換された複数の光束を受光するための第1受光部と、前記第1波長と異なる波長の光束を発する第2光源と、この第2光源からの光束で被検眼角膜曲率中心付近に集光させて照明するための第2照明光学系と、被検眼角膜から反射して戻ってくる光束を受光し受光部に導くための第2受光光学系と、この反射光束を少なくとも17本のビームに変換するための第2変換部材と、該第2変換部材で変換された複数の光束を受光するための第2受光部と、前記第1受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼の光学特性を求め、前記第2受光部で得られた光束の傾き角に基づいて被検眼角膜形状を求めるための演算部とから構成されているので、被検眼の光学特性と共に、被検眼角膜形状を求めることができるという卓越した効果がある。。

【0153】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の眼特性測定装置1000の構成を示す図である。

【図2】第1実施例の眼特性測定装置10000の電気的構成を説明する図である。

【図3】第1実施例の眼特性測定装置10000の電気的構成を説明する図である。

【図4】XYアライメントを説明する図である。

【図5】Zアライメントを説明する図である。

【図6】アライメントを説明する図である。

【図7】原理を説明する図である。

【図8】原理を説明する図である。

【図9】第2実施例の眼特性測定装置20000の構成を説明する図である。

【図10】第2実施例の眼特性測定装置20000の構成を説明する図である。

【符号の説明】

10000 第1実施例の眼特性測定装置

20000 第2実施例の眼特性測定装置

1000 被検眼

1010 角膜

1020 虹彩

1030 網膜

1100 第1照明光学系

1110 第1光源

1120 第1の集光レンズ

1130 光束遮蔽部材

1140 第2の集光レンズ

- 1200 第1受光光学系
- 1300 第1変換部材
- 1400 第1受光部
- 2100 第2照明光学系
- 2110 第2光源
- 2200 第2受光光学系
- 2300 第2変換部材
- 2400 第2受光部
- 3100 固視標光学系
- 3110 固視標結像レンズ
- 3120 固視標
- 4100 XYアライメント光学系
- 4110 第3の光源
- 4120 レンズ
- 4130 2次元撮像素子

- \* 5100 Zアライメント光学系
- 5110 第4の光源
- 5120 コリメータレンズ
- 5130 集光レンズ
- 5140 1次元撮像素子
- 9100 演算部
- 9200 制御部
- 9300 アライメント処理部
- 【数1】

10

$$\frac{\partial W(X', Y')}{\partial X'} = \frac{\partial \phi(X', Y')}{\partial X'}$$

$$\frac{\partial W(X', Y')}{\partial Y'} = \frac{\partial \phi(X', Y')}{\partial Y'}$$

\* 【数2】

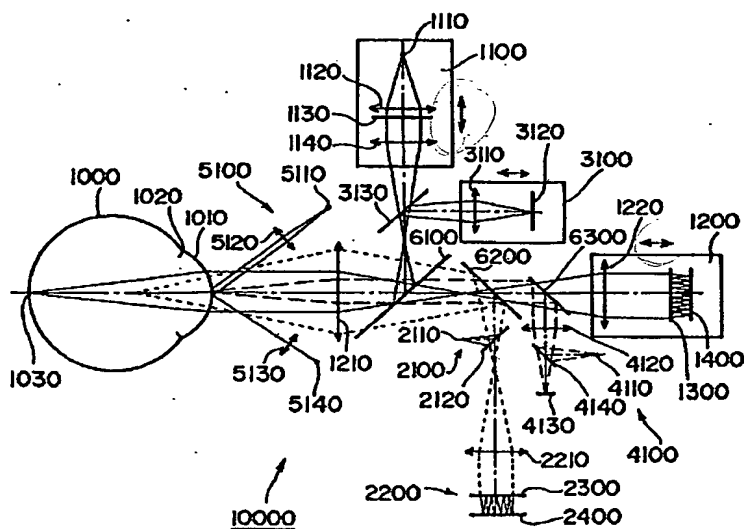
$$Z_{nm}(r, \theta) = R^{n-2m}(r) \left\{ \frac{\sin}{\cos} \right\} (n-2m)\theta$$

$n-2m > 0$  のとき  $\sin$

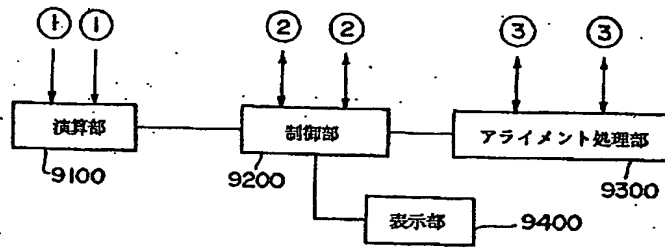
$n-2m \leq 0$  のとき  $\cos$

$$\therefore R^{n-2m}(r) = \sum_{s=0}^m (-1)^s \frac{(n-s)!}{s!(m-s)!(n-m-s)!} r^{n-2s}$$

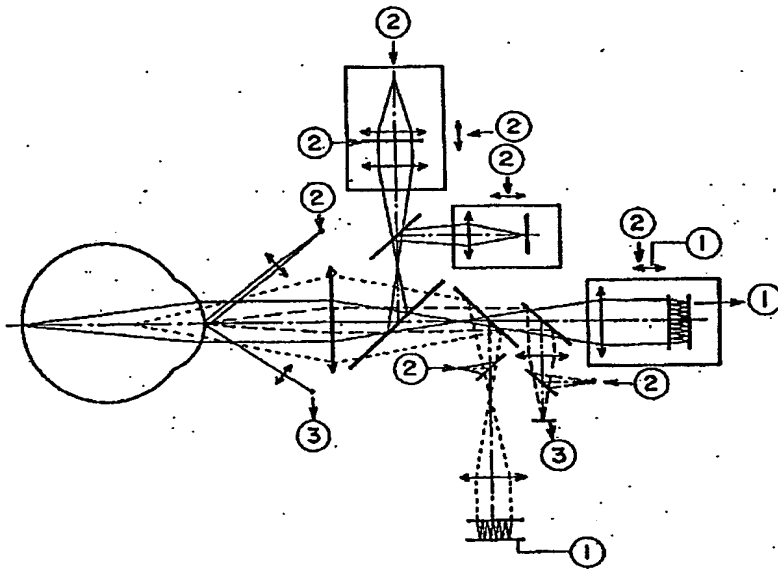
【図 1】



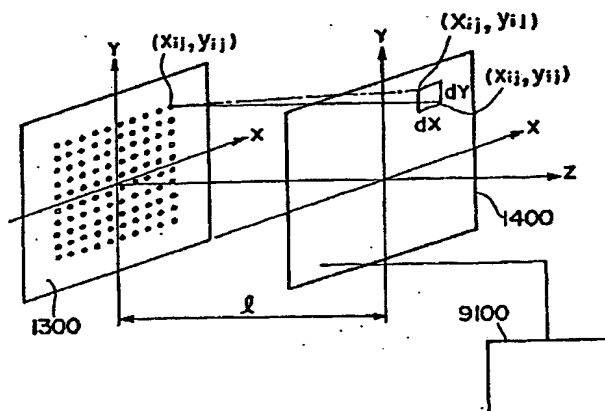
【図2】



【図3】

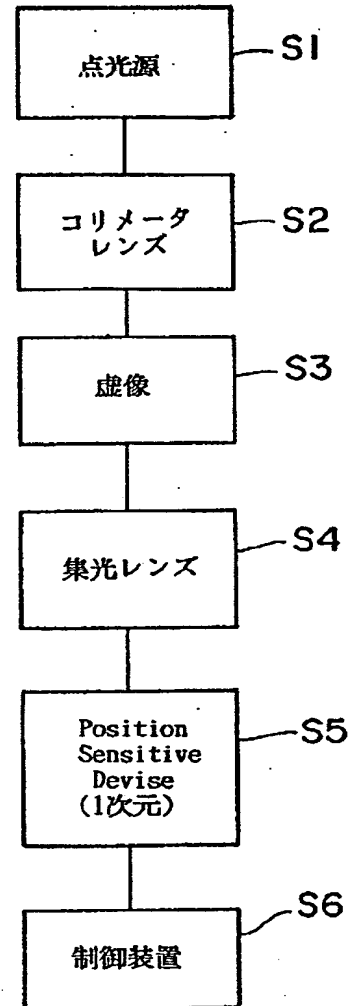


【図7】



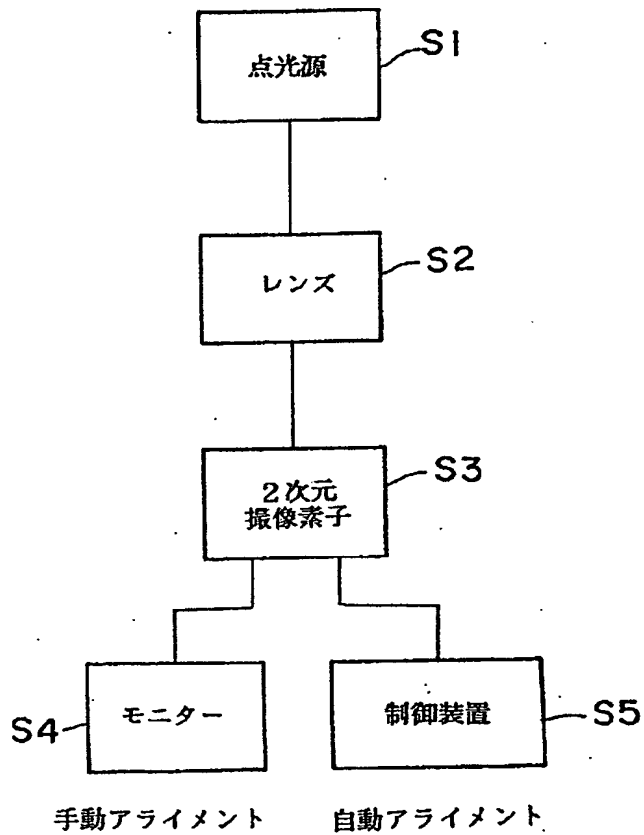
【図5】

Zアライメント

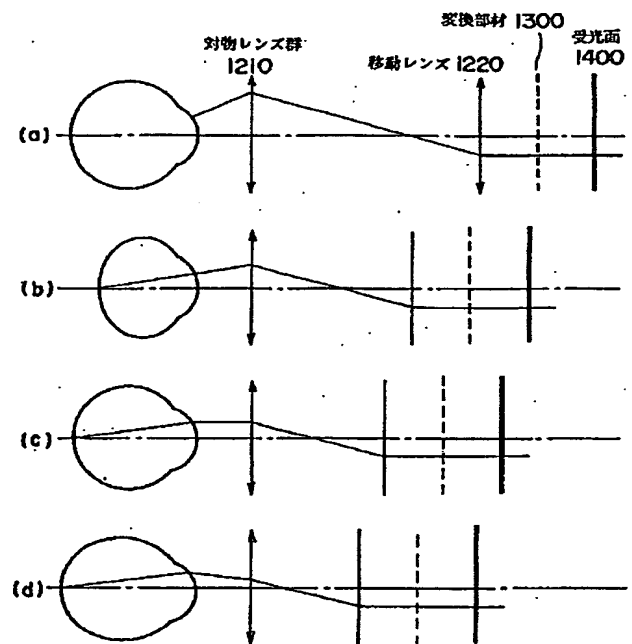


【図4】

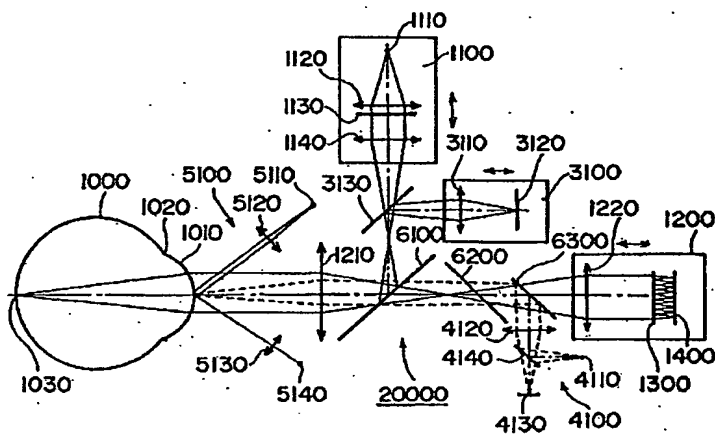
XYアライメント



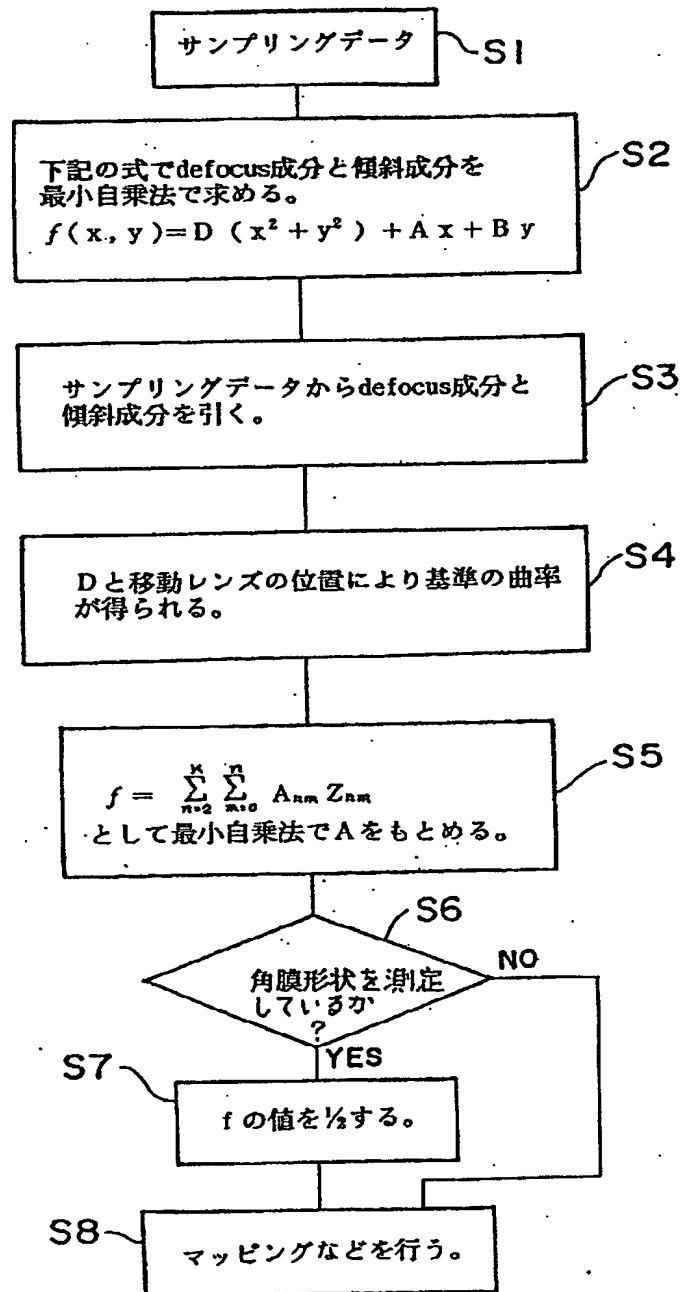
【図6】



【図9】



【図8】



【図10】

